

**BIOSTRUKTUR DALAM ARSITEKTUR**

Oleh:

**Rima Kapugu<sup>1</sup>, Judy O. Waani<sup>2</sup>**<sup>(1)</sup>Mahasiswa Prodi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi<sup>(2)</sup>Staf Pengajar Prodi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi**ABSTRAK**

Arsitektur adalah perpaduan antara seni dan teknik merancang bangunan. Dalam arsitektur dikenal proses desain yang disebut analogi. Analogi terdiri dari dua yaitu analogi organik dan analogi biomorfik. Pada biomorfik dikembangkan menjadi biostruktur.

Berbagai imajinasi dan unsur dapat diterapkan didalamnya. Dari alam manusia belajar banyak tentang prinsip dan motif alam. Biomorfik merupakan arsitektur yang menerapkan prinsip alam kedalam karya arsitektur. Sistem struktur dan motif alam mulai diterapkan dalam arsitektur. Biostruktur merupakan sistem struktur pada alam yang pengaplikasiannya terdapat pada bangunan. Perkembangan teknologi yang semakin berkembang pun menunjang dalam proses berkarya, sehingga motif-motif alam dengan sistem struktur yang unik diterapkan dalam arsitektur.

**Kata kunci:** arsitektur, biomorfik, biostruktur.

**PENDAHULUAN**

Dalam buku pengantar arsitektur yang ditulis oleh James C. Synder dan Anthony J. Catanese, Attoe mengungkapkan tiga hal tentang teori arsitektur yaitu:

- ***Apakah arsitektur itu?***

Arsitektur meliputi beberapa variabel penting seperti ruang, struktur atau proses-proses kemasyarakatannya (tanggapan masyarakat akan karya arsitektur). Pada penjelasan ini para ahli teori menjabarkan arsitektur itu berdasarkan analogi-analogi. Analogi-analogi tersebut yaitu: analogi matematis, analogi biologis, analogi romantik, analogi linguistik, analogi mekanik, analogi pemecahan masalah, analogi adhocis, analogi bahasa pola, analogi dramaturgi.

- ***Apa yang harus dicapai dengan arsitektur?***

Tujuan umum dari arsitektur adalah “Arsitektur bergantung pada aturan, penataan, keselarasan dalam pergerakan, simetri, kesesuaian dan ekonomi.”

- ***Bagaimana cara yang paling baik untuk merancang?***

dalam merancang adanya prioritas diantara berbagai aspek masalah. Dalam buku ini ditegaskan bahwa dalam setiap masalah bangunan terdapat suatu unsur mutlak mendasar yang perlu ditampilkan dalam struktur dan bentuk, sebelum pembubuhan ditambahkan.

Pada mata kuliah Teori Arsitektur kita mengenal beberapa doktrin tentang bentuk arsitektural, diantaranya:

- **Form follow function**

Merupakan peran fungsi arsitektur paling awal, paling lazim dan paling banyak dibicarakan. Form follow function (bentuk mengikuti fungsi) artinya segala

rancangan arsitektur dirancang untuk fungsi tertentu. Bagian-bagian, bentuk dan dimensi yang berbeda pada ruangan memiliki tujuannya masing-masing.

▪ **Form follow structure**

Struktur sebagai komponen penting pada bangunan sangat mempengaruhi bentuk bangunan itu sendiri. Bentuk bangunan tergantung pada sistem struktur, konstruksi dan penggunaan materialnya. Beberapa bangunan dirancang dengan memperlihatkan struktur dan konstruksi secara jujur tanpa menyembunyikannya. Struktur juga dianggap sebagai bagian estetika arsitektur yang diperlihatkan pada elemen dan material struktur.

▪ **Function follow form**

Bertolak belakang dengan form follow function. Pada fungsi ini fungsi bangunan mengikuti dan menyesuaikan bentuk geometris itu sendiri. Estetika bentuk didapat dari pengolahan bentuk geometri itu sendiri.

▪ **Form follow culture**

Bentuk mengikuti pola perilaku, watak, kehidupan sosial manusia. Bentuk memiliki makna tentang kondisi sosial dan budaya dari pemakai.

Sebagaimana yang kita ketahui bahwa struktur merupakan komponen utama pada bangunan. Fungsi struktur sebagai penopang beban pada bangunan dan beban elemen struktur itu sendiri kemudian menyalurkannya ke kulit bumi. Selain beban-beban tersebut struktur juga harus mampu memikul beban-beban lain seperti angin dan gempa bumi. Dengan memperhatikan fungsi struktur diatas maka diperlukan struktur yang cukup kuat dan

tepat sebagai pendukung keindahan bentuk arsitektur pada bangunan.

Horatio Greenough dalam bukunya *Form and Fungsional (1947)*, mengemukakan pendapatnya tentang hubungan erat antara bentuk, fungsi dan alam. Ia mengatakan dalam mempelajari prinsip-prinsip konstruksi hendaknya kita belajar dari alam. Apabila kita memperhatikan dalam dunia flora dan fauna tidak ada bentuk yang tidak berkembang dan tidak ada hukum proporsi yang ditentukan oleh kemauan. Hal ini terkait dengan teori *form follow function*, bentuk mengikuti fungsi.

Mies van der Rohe mengatakan fungsi adalah seni. Artinya dalam arsitektur modern terdapat hibridasi antara seni dan teknik. Hibridasi keduanya menghasilkan bentuk, yang disebut *struktur form* atau bentuk struktur. Bertitik tolak pada pemikiran yang sederhana bahwa struktur berasal dari dimensi-dimensi garis, dimensi-dimensi bidang lalu menjadi bentuk struktur yang membentuk sebuah ruang. Dari penjelasan diatas, bisa disimpulkan bahwa struktur merupakan ekspresi dari sistem suatu konstruksi yang memenuhi suatu fungsi (ruang) dengan tepat, akan memancarkan keindahan yang logis dan jujur. Dengan demikian struktur merupakan ekspresi estetika yang paling jujur dalam arsitektur.

Jenis-jenis struktur, inovasi material, dan perkembangan teknologi sistem konstruksi terus menerus mengalami kemajuan. Berikut beberapa jenis-jenis struktur:

### 1. *Struktur massa*

Struktur massa yang betul-betul padat dapat dikatakan struktur tumpuk yang terdiri dari batu-batu yang ditumpuk

dengan bentuk bangunan yang stabil dan statis. Contohnya pyramid yang ada di Mesir dan Candi Borobudur yang ada di Indonesia.



*Gambar 1*

#### **Layout dasar Pramida Besar Khufu**

Sumber : <http://www.touregypt.net/construction/>

### 2. *Struktur Rangka*

Pada dasarnya rangka terdiri dari dua unsur. Balok/gelagar, sebagai unsur mendatar yang berfungsi sebagai pemegang dan media pembagian beban dan gaya kepada tiang. Tiang/pilar sebagai unsur vertikal berfungsi sebagai penyalur beban dan gaya ke tanah.

Bentuk struktur rangka adalah perwujudan pertentangan antara gaya tarik bumi dengan kekokohan. Contoh struktur rangka yaitu payung, dimana kain sebagai membran ditarik kuat dan dihubungkan dengan kerangka. Struktur rangka bisa kita lihat pada konstruksi stasiun kereta api.



*Gambar 2*

#### **Gare de Lyon train station Paris, France**

Sumber: <http://www.flickr.com/photos/mbell1975/6060197269/>

### 3. *Struktur Permukaan Bidang*

Pada struktur ini bidang menerima beban, memikul beban sekaligus membentuk ruang. Kekuatan utama struktur permukaan yaitu pada bebasnya arah-arrah gaya yang bekerja padanya, sesuai dengan bentuk ruang struktur itu. Struktur permukaan terbagi atas beberapa struktur, yaitu struktur lipatan dan struktur cangkang.

### 4. *Struktur Kabel dan Jaringan*

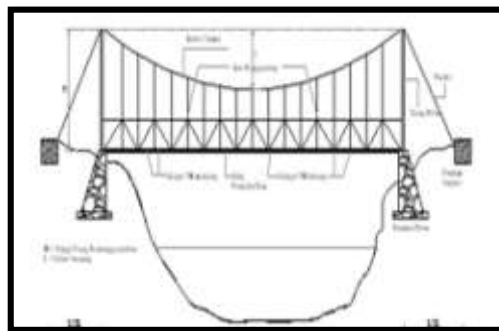
Pada struktur ini terdapat dua gaya yang bekerja, yaitu gaya tarik dan tekan. Kabel terdapat gaya-gaya tarik sedangkan pada tiang terdapat gaya-gaya tekan. Prinsip konstruksi kabel sudah dikenal sejak zaman dulu pada jembatan gantung, dimana pada saat itu menggunakan tali.



*Gambar 3*

#### **Jembatan Benjamin Franklin, Philadelphia**

Sumber: <http://1000words.kodak.com/thousandwords/post/?id=2322385>



*Gambar 4*

#### **Mekanisme Distribusi Beban Pada Jembatan**

Sumber: <http://nawarsyarif.blogspot.com/2012/05/panduan-dalam-perencanaan-jembatan.html>

### 5. *Bio Struktur*

Dari alam manusia belajar banyak hal, termasuk prinsip struktur dan motif alam. Menerapkan sistem struktur yang ada

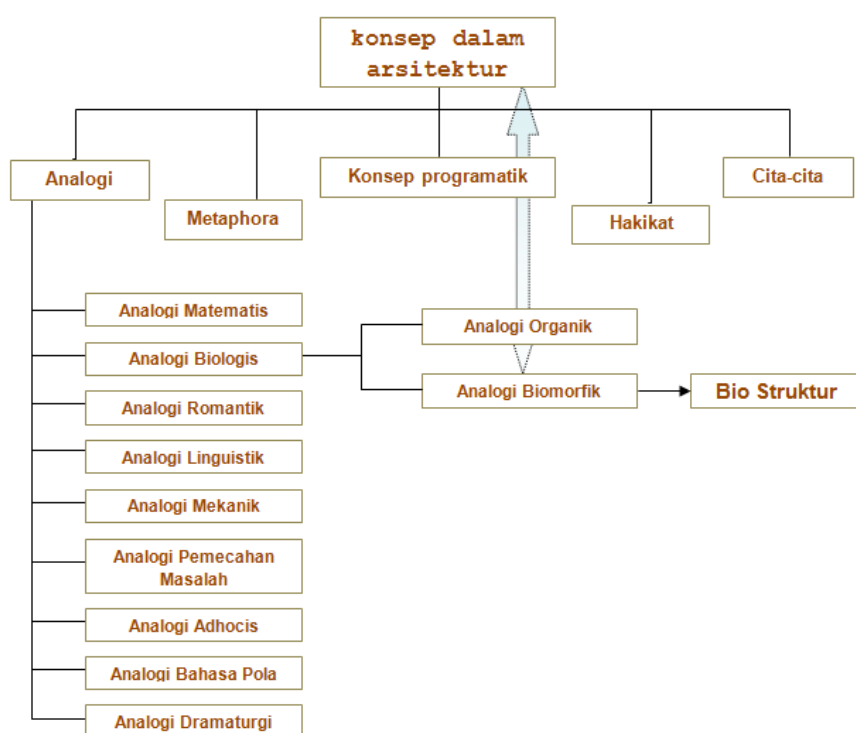
dalam pada bangunan kini semakin populer dilakukan oleh arsitek. Aliran yang menggunakan bio struktur disebut arsitektur biomorfik. (sumber: Sutrisno.

R, *Bentuk Struktur Bangunan dalam Arsitektur Modern*, 1983, PT. Gramedia, Jakarta)

### Keterkaitan Teori Arsitektur dengan BioStruktur

Dalam makalah ini akan membahas tentang biostruktur. Pada penjelasan teori arsitektur di atas telah menyinggung tentang arsitektur sebagai analogi biologis. Analogi

biologis “membangun adalah proses biologis..membangun bukanlah proses estetis.” Dalam teori analogi biologis dikenal analogi bentuk lain selain analogi organik, yaitu “**biomorfik**” bentuk ini memusatkan perhatiannya pada proses-proses pertumbuhan dan kemampuan-kemampuan pergerakan yang berkaitan dengan organisme-organisme.



Gambar 5

### Bagan Hubungan Biostruktur dengan Konsep Arsitektur

Penyusunan bagan berdasarkan penjelasan pada buku *Pengantar Arsitektur*.

Konsep Arsitektur oleh *Tim McGinty* dan analogi dalam berarsitektur oleh para ahli teori.

Penjelasan diatas juga menyinggung tentang hal-hal yang perlu dicapai dalam arsitektur yaitu tentang keselarasan, bentuk, dan struktur.

Dalam perkembangan arsitektur biomorfik sejak tahun 1960-an sudah

menggunakan struktur-struktur pneumatik (memiliki gaya tarik dan tekan) bersel banyak (unsur biologis). Struktur sebagai pembentuk ruang merupakan hal prioritas yang harus dicapai arsitektur (sebagai wujud) yang dapat dilihat.

Perkembangan struktur dan konstruksi arsitektur biomorfik dengan mengambil unsur biologis merupakan bukti bahwa alam tidak hanya menjadi tempat tinggal manusia tapi juga mampu memberikan ide bagi manusia dalam berkarya.

## PEMBAHASAN

### Persekutuan antara Manusia dan Alam

Hubungan manusia dengan alam sangatlah erat. Alam merupakan tempat tinggal manusia dengan dimensinya yang luas. Sejak zaman manusia primitif, manusia memanfaatkan apa yang ada di alam sebagai tempat tinggal mereka. Goa, merupakan tempat tinggal mereka untuk melindungi diri dari panas, hujan, dingin, dan serangan hewan liar, serta bahaya lainnya. Secara bertahap seiring dengan berkembangnya peradaban manusia, manusia memanfaatkan dan mengubah alam. Manusia mengeksploitasi alam terlalu banyak sehingga alam mulai rusak.

Arsitektur hibrid merupakan arsitektur yang berkembang dengan ide menggabungkan dua unsur menjadi satu unsur dengan jati diri baru yang lebih *fresh* dalam arsitektur.

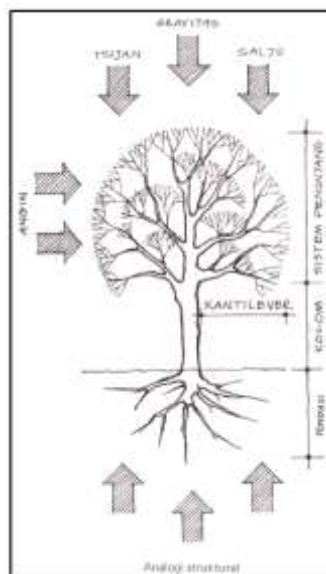
*“the art or science of building; specify the art or practice of designing structures and esp. Inhabitable ones.” (Hibryd Space, Zellner. 1999).*

Terkait dengan manusia yang mulai bermasalah dengan alam. Beberapa arsitek mulai menanggapi hal ini dengan memasukan unsur alam kedalam rancangan karya mereka. Aliran ini disebut arsitektur biotektur. Alam tidak bisa dipisahkan dari kehidupan manusia dengan berbagai elemen-elemen alam didalamnya menurut mereka merupakan konstruksi dalam arsitektur yang ideal. Lingkungan buatan manusia seperti gedung-gedung, taman-taman adalah aransemen dari elemen-elemen dari alam. Susunan kembali dalam skala kecil.

Alam memproduksi segala hal yang dibutuhkan manusia. Keadaan alam dapat dimanfaatkan sebagai contoh disain untuk gedung-gedung yang mempergunakan prinsip struktur dan motif alam. Aliran ini disebut arsitektur biomorfik. Hal yang berhubungan erat ialah dengan memanfaatkan keadaan alam sebagai sistem struktur yang aktif dengan mempergunakan sistem yang ada di alam untuk tujuan arsitektur. Pendekatan ini disebut struktur biomorfik.

### Sejarah dan Perkembangan Arsitektur Biomorfik

Dalam buku “Bentuk Struktur Bangunan dalam Arsitektur Modern (1983)” dijelaskan bahwa ide dengan memanfaatkan model-model dari alam kedalam arsitektur lahir belum begitu lama. Pada saat itu desain yang meniru dari alam sering diterapkan pada dekorasi saja.



Gambar 5

### Analogi Struktural Pada Pohon

Sumber : Synder & Catanese, 1985

Bentuk-bentuk alami tanaman dan hewan memberikan kepada perancang inspirasi dalam penerapannya pada struktur dan desain bangunan mereka. Semua bentuk dalam memiliki mekanisme yang memikul beban, dengan karakteristik-karakteristiknya yang merupakan hasil tanggapan struktural intern dan ekstern (beban dalam dan luar). Pengembangan sistem-sistem struktural yang tepat dan berhasil dalam bentuk-bentuk alamiah kini disekitar kita mulai diterapkan dan berkesinambungan. Analogi struktural pada pohon sebagai contoh yang paling mudah untuk dipahami sebagai analogi bio struktural.

Pada gambar tersebut kita bisa menganalisa kekuatan struktur pohon saat menopang beban intern dan ekstern. Batang pohon yang tebal cukup kuat untuk mendukung beban-beban vertikal dari dahan-dahan ketanah. Pohon juga cukup fleksibel saat menahan beban cabang-cabang

samping yang lumayan banyak. Pada struktur akar, akar menyebar kebawah seperti jari-jari lingkaran kebawah tanah. Akar yang menyebar ini fungsinya untuk mendistribusi beban keseluruhan dari pohon tersebut sekaligus menjadi jangkar agar jangan tumbang karena angin.

Jadi sistem struktural pada pohon memberikan ide dalam rancangan arsitektur tentang sistem tanggap tenaga, artinya tiap komponen melaksanakan fungsi struktural setempat yang serasi, bersama-sama membentuk suatu kesatuan yang dalam memikul beban.

Bentuk-bentuk yang sering dianalogikan dalam rancangan arsitektur selama berabad-abad sebelumnya juga telah mengalami proses analisa terlebih dahulu. Contohnya gua-gua batu alam, lengkungan pada gua memberi ide struktur lengkung yang diterapkan pada karya arsitektur. Begitu banyak unsur-unsur dari alam yang

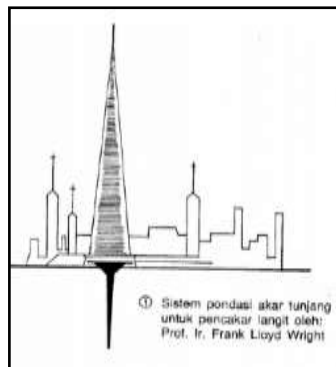
memberikan konsep pada gagasan-gagasan struktural yang berlaku. Konstruksi beton cangkang tipis - cangkang-cangkang telur, struktur jaring labah-labah - jaring kabel, sistem struktur sel daun – pelat berusuk isostatik.

Jadi bisa kita simpulkan bahwa perkembangan biostruktur sudah dimulai sejak jaman primitif, kemudian pada tahun 1970-an semakin berkembang hingga sekarang. Penggunaan unsur alam tidak hanya pada sistem struktur dan konstruksi makhluk hidup semata tapi perancang beranalogi

hingga pada bentuk struktur makhluk hidup (biostruktur) itu sendiri. (Sutrisno. R, *Modern*, 1983)

### **Para Arsitek yang Menerapkan Biostruktur**

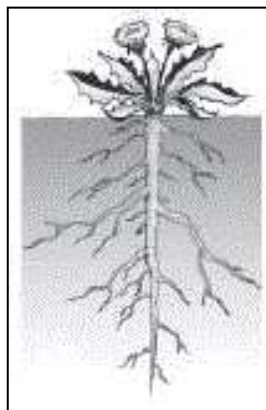
Frank L. Wright (1869-1959) adalah pelopor arsitek yang mulai menerapkan idenya dari alam untuk prinsip-prinsip arsitektur dalam karyanya. Prinsip akar tunggal pada tanaman dikotil diambil sebagai ide untuk sistem pondasi pada bangunan karya F.L. Wright.



*Gambar 6*

### **Sistem Pondasi Akar Tunjang Untuk Pencakar Langit.**

Sumber: Bentuk Struktur Bangunan dalam Arsitektur Modern, 1983

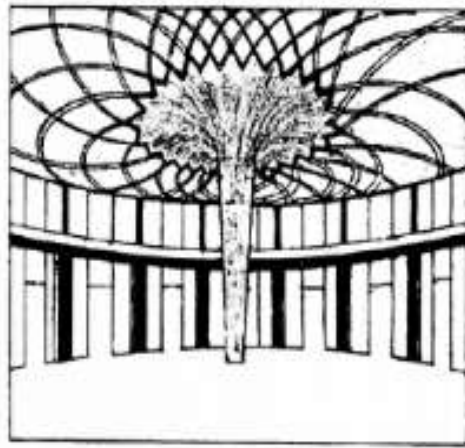


*Gambar 7*

### **Akar Tunjang ( Akar Tunggal )**

Sumber: <http://www.sentra-edukasi.com/2011/06/struktur-jaringan-jenis-fungsi-akar.html>





*Gambar 8*

**Lobby Gedung Administrasi S.C Yohnson & Son Inc. Wisconsin**

Sumber: Bentuk Struktur Bangunan dalam Arsitektur Modern, 1983

Buckminster Fuller dan Paolo Soleri telah mendesain dan membuat gedung-gedung dengan struktur yang diperoleh prinsipnya dari bentuk-bentuk

khusus dan teknik dari sistem pada cangkang binatang, formasi geologi dan susunan-susunan atom.



*Gambar 9*

**Geodesic Dome, karya Buckminster Fuller (1954)**

Sumber: <http://sofarfromshore.com/blag/2008/04/01/super-quick-visual-history-of-utopiatic-dwellings/>

Frei Otto menerapkan struktur kabel dan jaringan yang adalah terapan dari

sistem struktur jaring laba-laba pada rancangan stadiumnya.



*Gambar 10*

**Olympic Stadium, Munich, 1972**

Sumber:

[http://aplust.net/permalink.php?atajo=frei\\_otto\\_gnter\\_behnisch\\_olympic\\_stadium\\_munich](http://aplust.net/permalink.php?atajo=frei_otto_gnter_behnisch_olympic_stadium_munich)



*Gambar 11*

**Sarang Laba-Laba**

Sumber: <http://dipragha.blogspot.com/2010/06/jaring-laba-laba-sekuat-metal-baja.html>

Jaring laba-laba terbuat dari protein yang membentuk struktur kristal datar tipis yang disebut *betasheets*. Struktur yang tipis ini bersifat lentur, tahan terhadap gaya tarik dan gesek. Pada pengaplikasiannya, material baja yang digunakan karena sifat baja yang mirip dengan sifat struktur kristal sarang laba-laba. Namun akhir-akhir ini dilakukan riset oleh para ilmuwan di Massachusetts Institute of Technology (MIT) di Cambridge, AS bahwa lembar kristal tipis pada sarang laba-laba lebih kuat dari baja.

Seiring dengan berkembangnya dunia arsitektur, biostruktur tidak diterapkan

pada pondasi dan atap, tetapi para arsitek dalam rancangannya beranalogi biostruktur sehingga menghasilkan rancangan dengan bentuk yang mirip biostruktur itu sendiri. “Form follow structure” merupakan ciri arsitektur hibrid yang mengaplikasikan biostruktur.

**Preseden Arsitektur Terkait Konsep Biostruktur**

**1. Daekwon Park Skyscraper**

Taman Daekwon dibangun untuk menyatukan kembali blok kota yang terisolasi dengan menghadirkan fungsi ruang

publik, ruang hijau dan simbol kota (arsitektur hibrid). Karya arsitektur ini secara khusus menerapkan analogi struktur

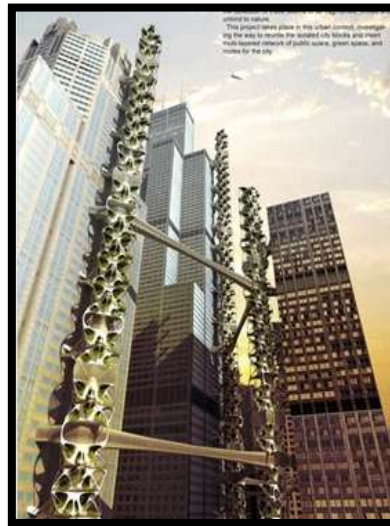
tulang yang diterapkan pada struktur bangunan



*Gambar 11*

**Stuktur Tulang**

Sumber: <http://www.arch.mcgill.ca/prof/sijpkcs/biomimickry>



*Gambar 12*

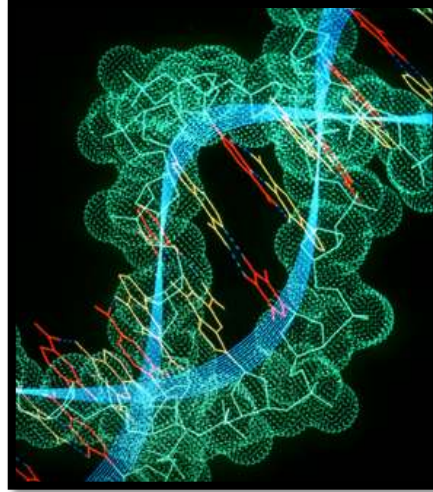
**Daekwon Skyscraper**

Sumber: <http://inhabitat.com/tomorrows-skyscrapers-today-daekwon-parks-symbiotic-superstructure/>

## 2. Dystopian Farm Building, Manhattan

Project milik Eric Vergne ini memiliki konsep bio struktur yang berbentuk spiral. Struktur bangunan merupakan analogi serabut akar. Saling mengikat membentuk ruang-ruang. Bangunan ini dikembangkan dengan issue green technology sebagai

konsep desain bangunan. Menggunakan konsep berkebun vertikal ditengah kehidupan modern kota. Dengan makin berkembang luasnya pembangunan kota, lahan untuk berkebun semakin terbatas. Bangunan ini menjadi solusi manusia untuk berkebun.



*Gambar 13*

### Struktur DNA

Sumber: <http://neutrons.ornl.gov/research/areas/biology>.



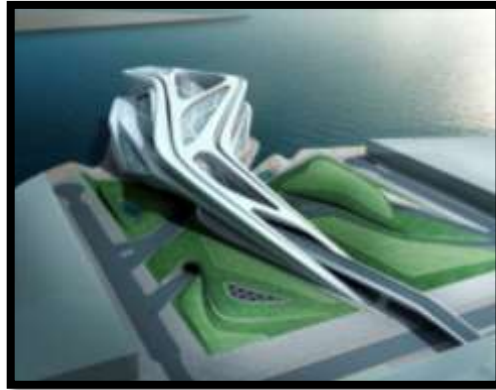
*Gambar 14*

### Spiraling Skyscraper Farms for a Future Manhattan

Sumber: <http://inhabitat.com/dystopian-farm>



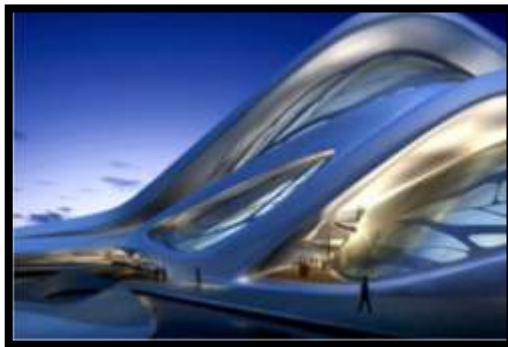




*Gambar 17*

**Perspektif Performing Arts Center**

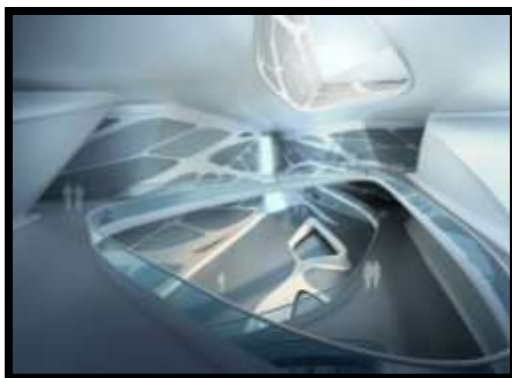
Sumber: <http://www.bungakurnia.com/2010/08/10-bangunan-luar-biasa-di-masa-depan>



*Gambar 18*

**Eksterior Performing Art center**

Sumber: <http://www.bungakurnia.com/2010/08/10-bangunan-luar-biasa-di-masa-depan>



*Gambar 19*

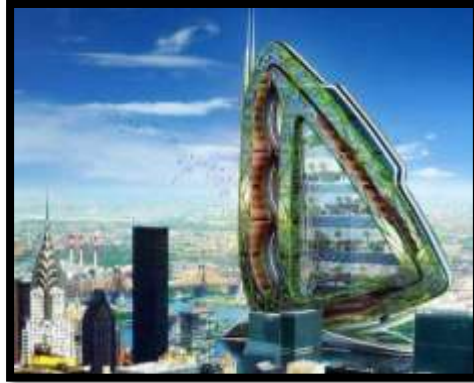
**Interior Performing Art center**

Sumber: <http://www.bungakurnia.com/2010/08/10-bangunan-luar-biasa-di-masa-depan>

#### 4. Dragon Fly Vertikal Building

Vincent Callebaut arsitek yang merancang "Dragonfly" pertanian vertikal untuk bangunan di New York City. 132-lantai, 2.000 struktur kaki-tinggi (mirip

sayap capung's) akan berisi tempat tinggal, kantor, ruang pertanian, dan bahkan daerah didedikasikan untuk tumbuh dan belajar baik menghasilkan dan ternak.



*Gambar 20*

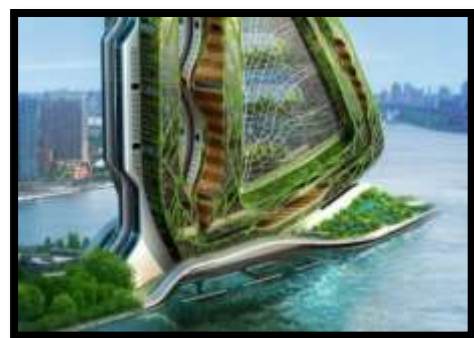
#### Dragon Fly Building

Sumber: <http://www.bungakurnia.com/2010/08/10-bangunan-luar-biasa-di-masa-depan>



*Gambar 21*

#### Interior Dragon Fly Building



*Gambar 22*

#### Dragon Fly Building

## KESIMPULAN

Analogi biologis yang diterapkan pada struktur sangat membantu dalam mengembangkan imajinasi dalam berkarya. Setiap makhluk hidup diciptakan dengan jaringan-jaringan sel yang menyusun tubuhnya. Bio struktur kini semakin menjadi trend dalam pengaplikasiannya karena ditunjang dengan perkembangan teknologi. Penerapan bio struktur memberi kesan “hidup” pada bangunan, nilai estetikapun tampak pada struktur yang diekspos. Wright mengatakan dalam bukunya “Frank Lloyd Wright, His Life and His Architecture” (1979) bahwa karya arsitektur yang baik tidak hanya menghasilkan karya arsitektur secara harafiah, tapi menerjemahkan prinsip alam dan bentuk alam kedalam rancangannya.

Dari beberapa contoh bangunan yang dibahas, didapati bahwa biostruktur tidak hanya sekedar memanfaatkan sistem strukturalnya saja, tapi bentuk alam (bio) dapat diterapkan sebagai bentuk bangunan. Sehingga didapati fungsi arsitektur “form follow structure”. Bangunan pun cenderung lebih mengekspos struktur dan nilai estetika tampak pada keindahan struktur bangunan yang kelihatan lebih fleksibel dan harmonis dengan alam.

## SARAN

Dari beberapa contoh bangunan yang menerapkan biostruktur kiranya semakin menambah wawasan dan membuat kita semakin kreatif dalam merancang bangunan. Beranalogi merupakan salah satu cara yang gampang dalam mendesain suatu bangunan. Menerapkan analogi biostruktur dengan kombinasi teknologi yang canggih dalam hal material struktur diharapkan mampu membantu kita dalam berkarya dan mewujudkan imajinasi arsitek akan datang, serta menjadikan manusia lebih menghargai alam pada akhirnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Sutrisno. R, *Bentuk Struktur Bangunan dalam Arsitektur Modern*, 1983, PT. Gramedia, Jakarta
- Synder. C. James , Catanese J. Anthony ; 1985, *Pengantar Arsitektur*, Jakarta , Erlangga.
- <http://www.bungkurnia.com/2010/08/10-bangunan-luar-biasa-di-masa-depan>
- <http://inhabitat.com/tomorrows-skyscrapers-today-daekwon-parks-symbiotic-superstructure/>
- <http://ml.scribd.com/doc/36583160/Kamus-Besar-Bahasa-Indonesia>
- <http://www.touregypt.net/construction/>